洋上漁獲量計測システムの研究

白崎智義・村木俊之
高石順彦・清水保志
鈴木隆文・桜井武尚

A Study of Measuring System for Weight of Fishes in Hanging Fishing Net on the Sea

Chiyoshi SHIRASAKI · Toshiyuki MURAKI
Nobuhiko TAKAISHI · Yasushi SHIMIZU
Takafumi SUZUKI · Takehisa SAKURAI

At present, weight of fishes in hanging fishing net on the sea are measured by institutions and experiences of experts.

In this paper, the method for measuring weight of fishes in hanging net by using the CCD camera and the image processing system is reported.

1. まえがき

従来，海洋で水揚げされた魚の重量を測るには，大量の魚群を入れたまま，一旦漁獲網を甲板に設置したハンガーに吊り下げ，これを観察する熟練者の長年の勘と経験に頼って目方をきめるという方法がとられている。

本研究は，この場合に適した測定法の開発を目指して，実際に大量の魚（鰯）を入れた漁網をハンガーに吊り下げて，これをCCDカメラで撮影し，次いでパソコン利用の画像処理で測定値を求めるという方法の開発を進めて来た。その結果，この程可成りの高精度で測定結果が得られ，実用に寄与できる可能性のあることが分ってきた。

本論文は上述のCCDカメラとパソコン画像処理による計測システム並びにその操作法について発表する。

尚，本研究テーマは現在漁業操業中の関連会社（M県Y社）から依頼され，本大学産業工学研究所の業務活動の一環として，さらに卒業研究のテーマとして研究しているものである。

2. システム構成

本研究に使用したシステムは次の通りである。

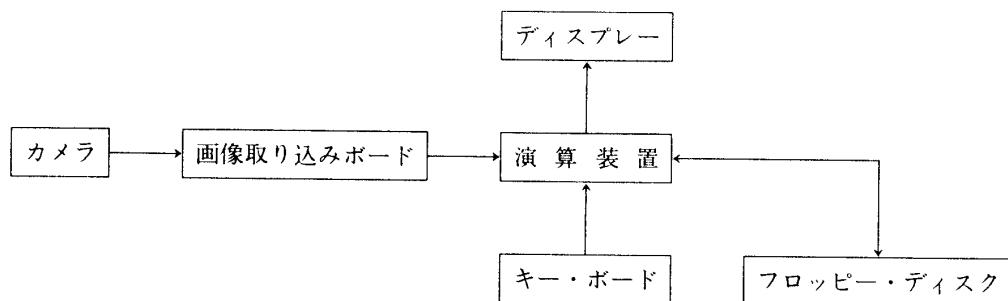
(1)　演算処理システム

ア　演算装置　PC-9801VM2　384kB（NEC）

イ　ディスプレー　PC-TV451　TV兼用（NEC）

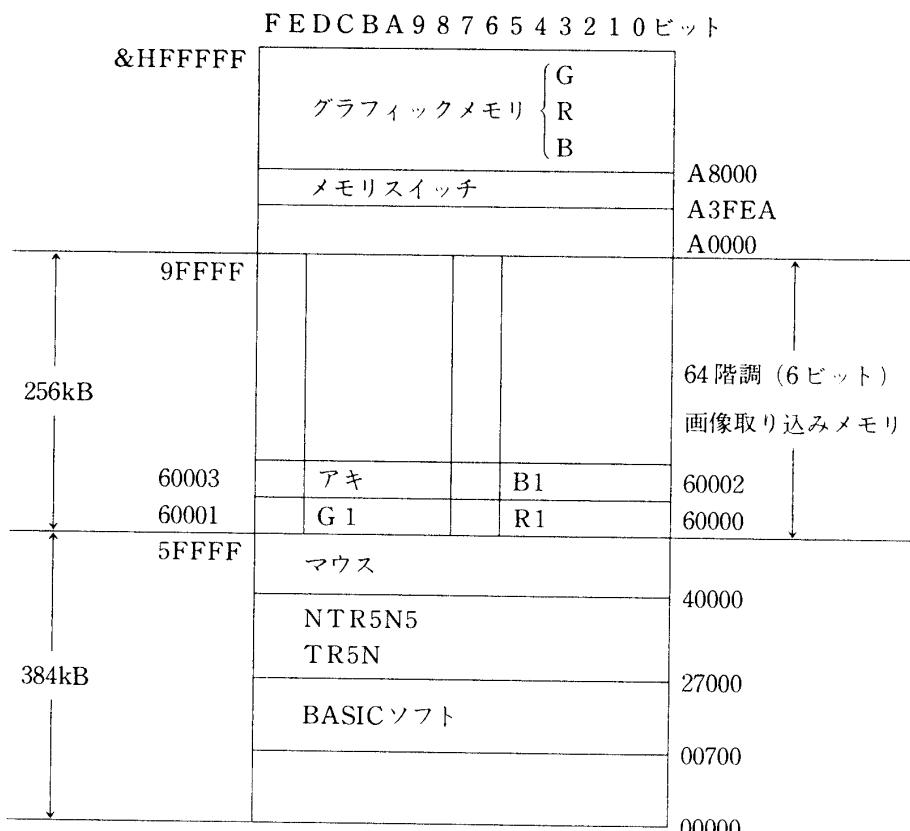
ウ　撮像装置（CCDカメラ）　CCD V8AF　NTSCカラー（SONY）

エ　画像取り込みボード　NBC-VIDEO-98カラー（NBC）

上記各装置の接続は図－1の通りである。尚，ディスプレーはモニターを兼用している。

図－1　演算処理システム

(2)　メモリマップ

メモリマップを図－2に示す。[1,2]

ア　画像取り込みメモリ領域は，&H60000～&H9FFFF（256kB）のメモリを確保する必要がある。このためメインメモリの領域を&H00000～&H5FFFF（384kB）に設定しておく。

図－2　メモリマップ

従って，メモリスイッチは，論理スイッチ(SW3)＝2となる。なお，この数値は &HA3FEA 番地で確認できる。[3)]

イ　画像処理は相当量のメモリを必要とする為，画像ハードコピー，拡張モニタモード，日本語ベーシック等画像処理に直接関係の無い領域はメモリ設定から除外しておく。

ウ　画像取り込み装置は NBC（日本ボードコンピュータ）KK 製である。従って，これに付随するソフトとしてメーカー提供の NTR5N5 と TR5N のマシン語ソフトが必要である。

エ　マウスは NEC 提供のソフト“mouse. cod”を使用した。なお，マウス使用に際し，

PEEK（&H40100）≠ &HE9

の時においてのみ“mouse. cod”を BLOAD することにしてある。これもメモリ節約上とった措置である。

(3)　マ　ウ　ス

A　準　　備[4)]

マウス操作に先立つ必要な準備は次の通りである。

ア　MOUSE DRIVER を LOAD する。

そのためには，予め，

```
10　CLEAR, &H4000
20　DEF　SEG=&H4000
```

で，機械語領域を確保しておいて，

```
30　BLOAD　"mouse. cod"
```

を実行する。

イ　ENVIRONMENT の CHECK

DRIVER の &H100 番地以降にあるマウスのハードウエア環境テストの為のチェッカ（MOUSE. INI）を CALL する。この為のステートメントは次の通り。

```
40　MOUSE. INI=&H100
50　FLAG%=3
60　CALL　MOUSE. INI（FLAG%）
```

ウ　MOUSE DRIVER の OFFSET をセット

この為のステートメントは次の通り。

```
70　DEF　SEG=0
80　INT33=PEEK（&H33*4）+PEEK（&H33*4+1）*
    256
90　MOUSE=INT33+3
```

B　マウスの操作

マウスを机の上で動かすと，ボール・ベアリングが回転する，その回転をパルス信号に変換してコンピュータに送り出す仕掛けになっているが，そのステートメントは次の通りであ

る。

CALL MOUSE（AX%，BX%，CX%，DX%，ES%）

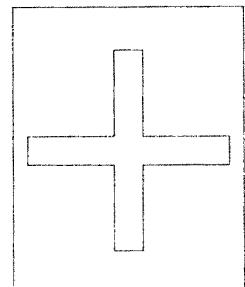
AX% ＝ 左釦，機能コード

BX% ＝ 右釦

CX% ＝ X 座標

DX% ＝ Y 座標

C　マウスのカーソル図形

マウス操作に追随して画面上を移動するカーソル図形は図－3のようにした。そして座標は十字形の中心で設定する。これだと，魚網の輪郭線上を辿る際，輪郭線がたとえ画面の端にあっても，カーソル図形の半分が常に映像として残っている長所がある。

図－3

3．ソフト

ソフトはディスプレー上に映し出された漁獲網の画像を処理することによって，その網の中に入っている魚の重さを計測することができる。そして，処理手順を明細したメニューの指示に従ってマウスとキーボードを操作すればよいようにと設計した。図－4にメニュー系統の一覧図を示す。

処理内容は大別して，次の4通りである。

(1)　画像の取り込み

カメラから新たな画像を求めたり，フロッピー・ディスクに格納されている画像を取り出したりする。また，逆に画面の映像をフロッピー・ディスクに格納することもできる。

(2)　重量測定

画面に表示中の画像を処理して重量を求める。

(3)　集　　計

漁業データ（操業年月日，漁業コード，漁獲量，漁場名，魚種名）を記録する。

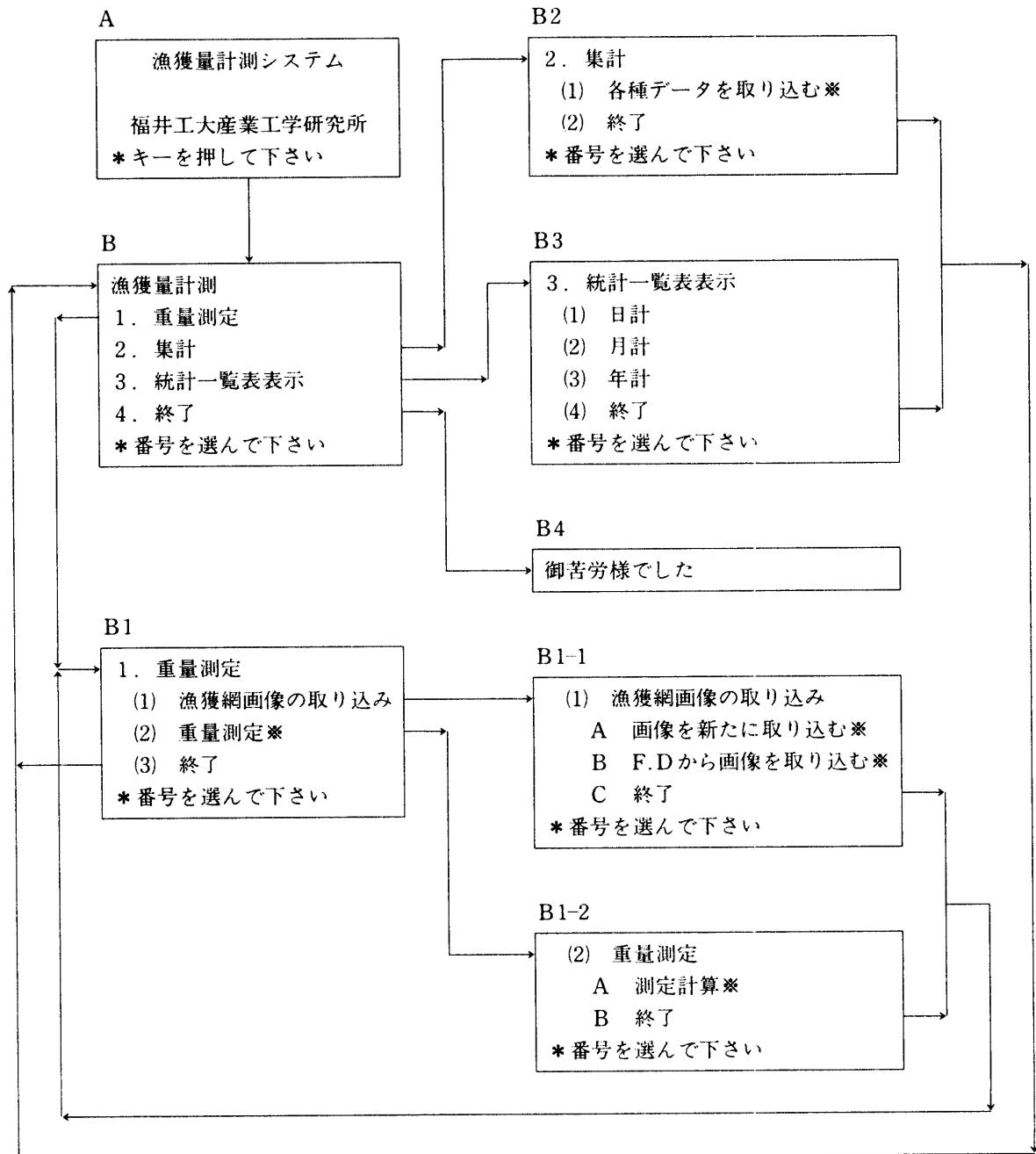
(4)　統　　計

漁業データを年，月，日別の統計一覧表形式で見る。

尚，各メニューとも，終了の項目を選ぶことによって，一つ手前の画面に戻すことができる。また，※印の個所は，更に詳細な画面指示に従って処理するようになっている。

4．解　　析

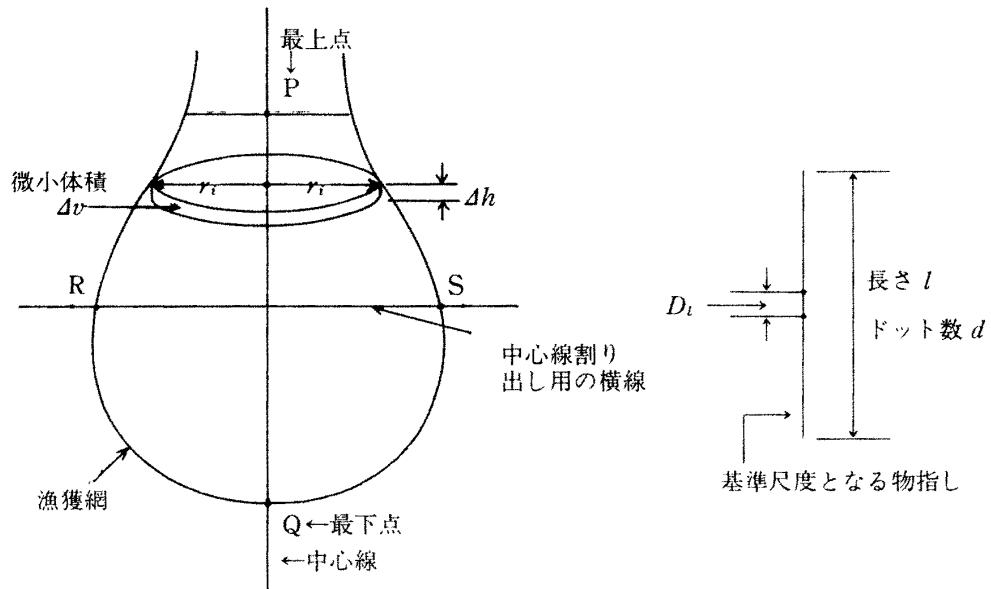
(1)　漁獲網の形状モデル

漁獲網の形状は三次元立体であり，これをディスプレー画像にすると平面状にしか映らない。そこで，理論的解析を容易にする為，一応漁獲網の形状モデルを図－5で示すように，ほぼ完全な縦に長い円錘状のものと仮定している。

図－4　メニュー系統の一覧図

(2) 基準となる尺度の選定

基準尺度は重量計測に必要な物差しである。そして，これを測定対象の漁獲網と同じ位置にしておく。こうしておくと，網を撮影するカメラの位置が何処にあろうとも，基準尺度を頼りに魚の重量が測定できる。

物差しの上で適当な長さ（l）をきめ，これに対応するドット数（d）が分かると，2ドット間の長さ（D_l）は，

$$D_l = \frac{l}{d} \quad \cdots\cdots (1)$$

図－5　漁獲網のモデル

で表わされる。これが画面上での計測に必要な長さの基準である。

(3) 重量の算出

直線PQは網の平面図を2等分するように割り出した中心線である。ところで，実際の場合この中心線の実現は容易でないと思われるが，できるだけ正確であることが望ましい。

網を単位ドット間隔で横に輪切りして出来るスライス状の微小円柱の体積（Δv）は，半径を r_i ドット，高さを Δh ドットにすると，

$$\Delta v = \pi \cdot r_i^2 \cdot \Delta h \quad \cdots\cdots (2)$$

よって，一杯詰まっている魚の最上面（P）から最下面（Q）までの全体積（V）は，区分求積法の考えによって，次式が得られる。

$$V = \pi \cdot \sum_{Q}^{P} r_i^2 \cdot \Delta h \quad \cdots\cdots (3)$$

これと，（1）式とから，Vを基準尺度で表示すると，

$$V = \pi \cdot \sum_{Q}^{P} (r_i \cdot D_l \cdot 1.25)^2 \cdot D_l \quad \cdots\cdots (4)$$

尚，式中の1.25は画面上の横の長さに対する修正係数である。また，Δh と D_l は共に隣り合う2ドット間の長さであるから，

$$\Delta h = D_l$$

である。

（4）式の（　）を外すと，

$$V = \pi \cdot 1.25^2 \cdot D_l^3 \cdot \sum_{Q}^{P} r_i^2 \quad \cdots\cdots (5)$$

これに，（1）式を代入すると，

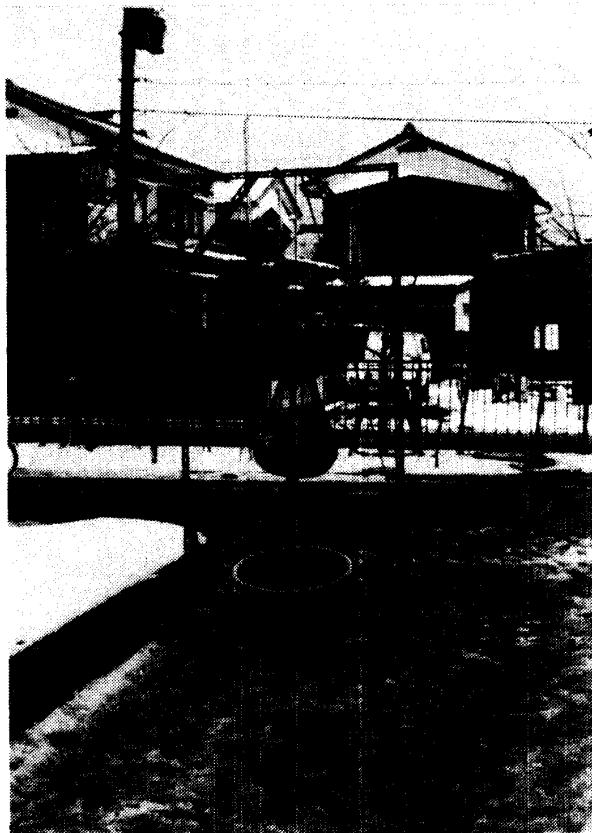
$$V = (\pi \cdot 1.25^2 \cdot l^3 \cdot \sum_{Q}^{P} r_i^2) / d^3 \quad \cdots\cdots (6)$$

これに，魚の比重（s）及び占積率（o）を乗ずると，

$$\pi = (\underline{V \cdot 1.25^2 \cdot l^3 \cdot s \cdot o \cdot \sum_{Q}^{P} r_i^2)/d^3} \quad \cdots\cdots (7)$$

ここで，アンダーライン部分の式を定数（K）と置くと，

$$V = K \cdot d^{-3} \quad \cdots\cdots (8)$$

よって，重量は基準尺度で設定された単位長あたりのドット数の3乗に反比例する。

図－6　実験中のハンガーに吊した漁獲網

5．実験方法

(1) 撮　　像

大量の鰯（約50kg）を実物の漁網で作った網袋に入れ，屋外に設置したハンガー（支柱には基準尺度となる5mm間隔の目盛り線が刻み込まれている）に吊り下げる（図－6）。そして，これを離れた位置からCCDカメラで撮像する。尚，この実験は船の甲板上での撮像現場をモデル化したものである。

(2) 計　　測

VTRビデオ・フィルムに撮像された漁網の映像を，パソコンの拡張スロットバスに接続した画像取り込み装置を通じてディスプレーに表示する。この画像をマウスで処理すれば，魚の重量が計測できる。尚，この実験は船内の電子計算室における画像処理作業をモデル化したものである。

画像計測ソフトを起動すると，まず「漁獲量計測システム」の表題が出る。ここで，任意のキーを押すと，画面上にB「漁獲量計測」が表示される。

B画面の中で，

1．重量測定を選ぶと，画面はB1に変わる。

B1画面は更に，

「(1)漁獲網画像の取り込み」でB1-1画面

「(2)重量測定」でB1-2画面

に変わる。

2．集計を選ぶと，画面はB2に変わる。

3．統計一覧表を選ぶと，画面はB3に変わる。

B1-1画面において，

「A　画像を新たに取り込む」を選ぶと図－7が画面に表示される。

画像の位置	INPUT ・・・RET SAVE ・・・S KEISAN・・・K END ・・・E （RET／S／K／E） ?

図－7

ここで，右欄のどれかを選ぶのであるが，各処理内容は次の通りである。

RET・・・表示中の画像に変わって，新たな画像を取り込む。

S　　・・・現在表示中の画像をフロッピー・ディスクに格納する。

K　　・・・現在表示中の画像に対しての重量測定をする。

E　　・・・一つ前のメニュー画面に戻る。

ここで，Kを選択すると，画面右側欄のすべてが消去される。そして，引続き，一問一答の形式で，計測に必要なデータを次々と求めてくる。この問いは次の通りである。

ア．カメラと被測定物間の距離〔M〕

イ．カメラと基準尺度間の距離〔M〕

ウ．基準尺度の長さ〔M〕

エ．魚の比重

オ．漁網内の魚の占積率〔%〕

次に，画面上で動くカーソルの色が，画面背景の色によって判別しにくいことが無いように，赤黄青3色の中から適当な色を選ぶ。

これまでの準備が終ると，次はカーソルをマウスで操作しながら，下記の各設定を行なっていく。

ア．基準尺度の長さ。

イ．中心線作図に必要な網の中央部分を横切る妥当な線を一本。

ウ．中心線上での魚の最上点の位置と，最下点の位置。

エ．漁網の輪郭線上の各ドットの位置。

この設定が終ると，自動的に重量が計算されて，その結果が画面の右欄に表示される。

B1画面内の「(2)重量測定」を選ぶと，まず，「画像が取り込んでありますか」の問いが出る。フロッピー・ディスクに処理対象の画像がある時は，この問いにYと答えると，画面がB1-2に変わる。ここで，「(2)測定計算」を選択して，先述のK処理と同様な方法で重量計測をする。

(3) 集　　計

データ格納用のフロッピー・ディスクをディスク・ドライバー（NO. 2）に挿入しておく。B2画面の「(1)各種データを取り込む」の処理によって，漁業データをフロッピー・ディスクの中に格納する。

(4) 統　　計

データ格納用のフロッピー・ディスクをディスク・ドライバー（NO. 2）に挿入しておく。B3画面の「(1)日計，(2)月計，(3)年計」の処理によって，フロッピー・ディスク内に格納されている漁業データを基に統計をとる。

6. 実験結果

(1) 魚の比重

研究で使った鰯の比重は，数匹のサンプルを無作意に抽出し，各質量と体積から比重を測定したところ，1.038～1.08の範囲でまちまちだった。その為，平均的な値を算出し，魚の比重を1.06にした。

(2) 占積率

漁獲網内の魚の集団は魚と魚との間に隙間が存在する為，それらが占める容積を見掛けの体積から差し引いておく必要がある。この隙間が占める容積を実験的に調べた結果，魚が漁網内で占める体積の割合は見掛け上の体積の76％に相当していることが分った。

尚，この割合は次のようにして測定した。即ち，まず容積（V_1）の容器の上面すれすれに鰯だけを軽く入れ込む。続いて，魚と魚の間の隙間を水で埋めながら容器の上面すれすれになった時点で注入を止め，これに要した水量（V_2）を記録する。そして，

$$\frac{V_1 - V_2}{V_1} * 100\ (\%)$$

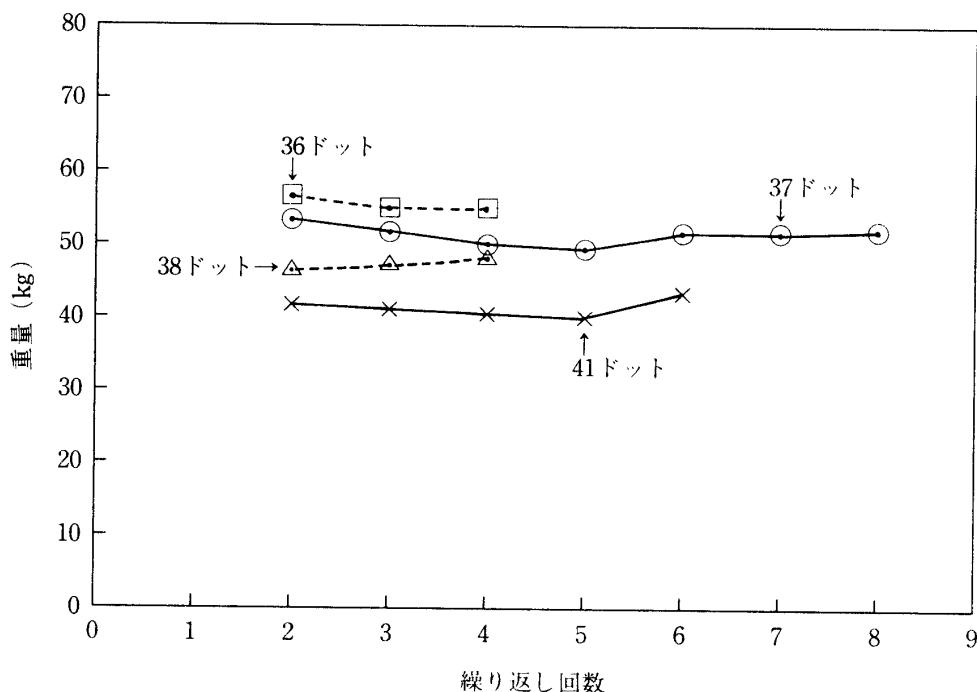
より，網の中で占める鰯の占積率が分る。

(3) 魚の重量

10cm当りのドット数と漁獲量との関係を実験的に求めた結果の一例を図－8に示す。この図によって，同一ドットに対する繰り返し計測した結果の重量の変動幅は狭い範囲内におさまっていることが分る。このことから，漁網の輪郭どりを正しく取りさえすれば，基準となるドット数の設定が正しい限り，ほぼ満足のいく結果が得られるといえる。

7. まとめ

(1) 重量計測法の基本的な考え方は，「漁網を形作る輪郭線上のピクセルの位置座標（x, y）をマウスで取得しながら，併せて，その都度スライス状の微小体積を逐次加算して漁網の全体積を求める。続いて，この全体積に魚の比重，占積率の因数を乗じて重量に換算する。」方法である。

(2) 魚（鰯）が大量に入った漁獲網の重量を求めるのに，その周囲の一方向から見た平面的な画

図－8　繰り返し計測した値の変動状況

像であっても，パソコン処理で精度の高い結果を得ることが分った。

(3)　マウスを使った半自動的な計測法であるので，基準となる尺度の目盛りが画像の上で正確に読み取ることが出来るような物差しを設置して置くのがよい。

(4)　漁獲網の全体積に乗ずる諸因数（魚の比重，占積率）の測定法の確立が，本研究の推進に必要なものとなって来た。

参　考　文　献

1)　NEC PC-9801VM2ユーザーズマニュアル　P. 293

2)　日本ボードコンピュータ取扱説明書

3)　NEC PC-9801VM2ユーザーズマニュアル　P. 287

4)　NEC PC-9801VM2ユーザーズマニュアル　P. 263～P. 265

謝辞

本研究の推進にあたり，日頃何かと心配りをして頂いている本大学金井兼造理事長，並びに産業工学研究所長伊藤一郎教授，そして技術開発の面で御指導御助言を賜わっている M 県 Y 社の社長始め研究本部の技術陣の他，魚（鰯）の購入や実験設備の設定等で御協力頂いた本学食堂チーフ松岡春雄氏に厚く感謝します。